

USULAN PERBAIKAN UNTUK MENGURANGI WASTE PADA MANUFAKTUR KABEL DENGAN PENDEKATAN LEAN SIX SIGMA

Yudi Syahrullah¹⁾, Danu Syukur Nofandy²⁾, Amanda Sofiana³⁾, Fiky Two Nando⁴⁾

^{1,2,3)} Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

⁴⁾ Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Email: yudi.syahrullah@unsoed.ac.id

Abstrak, Industri manufaktur kabel mengalami pertumbuhan yang signifikan, sehingga manufaktur perlu meningkatkan daya saing dalam memenuhi ekspektasi pelanggan, seperti: produk yang berkualitas, harga murah, dan tersedia tepat waktu. Saat ini industri manufaktur kabel di Banyumas mengalami kendala yang disebabkan oleh berbagai *waste* atau pemborosan, diantaranya pekerja yang mengganggu, *defect*, penumpukan wadah bahan baku, dan keterlambatan produksi yang dapat berpengaruh terhadap pemenuhan kebutuhan pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi *waste* yang paling dominan pada kegiatan manufaktur kabel serta merekomendasikan usulan perbaikan untuk mengurangi *waste* tersebut. Penelitian ini menggunakan pendekatan lean six sigma dengan metode *Waste Assessment Model* (WAM) untuk menentukan prioritas *waste* yang perlu diperbaiki dan konsep DMAIC untuk memberikan usulan perbaikan *waste* yang menjadi prioritas tersebut. Hasil pengolahan data dengan WAM menunjukkan *ranking waste* dari *ranking* yang tertinggi hingga terendah. Berdasarkan hasil analisis dengan WAM, *waste* kategori *defect* merupakan *waste* terbesar dengan kontribusi sebesar 21,55%. *Waste* kategori *defect* selanjutnya dianalisis secara lebih rinci dengan menggunakan tahapan *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control* (DMAIC). Ditemukan *defect* untuk produk kabel NYA 1,5 mm² merupakan produk dengan tingkat *defect* tertinggi dan *defect* visual jenis benjolan merupakan jenis *defect* tertinggi untuk produk ini. Analisis dengan DMAIC menunjukkan bahwa panas yang tidak merata pada mesin insulation menjadi prioritas perbaikan dengan nilai RPN tertinggi sebesar 168, sehingga menjadi risiko tertinggi yang dapat menyebabkan terjadi *defect* benjolan. Oleh karena itu, usulan perbaikan direkomendasikan untuk mengatasi permasalahan pada mesin tersebut.

Kata Kunci *Lean six sigma, waste assessment model, DMAIC*

PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia membawa perubahan yang signifikan dalam industri kabel. Perubahan tersebut salah satunya disebabkan karena permintaan kabel listrik di Indonesia yang semakin meningkat secara signifikan. Pada tahun 2021, Ketua Umum Apkabel Noval Jamalullail mengatakan bahwa kenaikan permintaan kabel listrik dapat mencapai 10% hingga 20% yang berasal dari permintaan kabel di Sulawesi, Maluku, Papua, dan Nusa Tenggara (Arief, 2021). Salah satu perusahaan manufaktur kabel di Banyumas Jawa Tengah, memproduksi 2 jenis kabel, yaitu CLV (*Cable Low Voltage*) dan CSV (*Cable Sound Video*). Produksi dilakukan dengan standar yang ketat. Akan tetapi, masih terdapat berbagai *waste* atau pemborosan, diantaranya: penumpukan tempat bahan baku yang mengganggu arus transportasi (forklift), berhentinya proses *cabling* karena adanya mesin yang mengalami kerusakan, pekerja yang mengganggu pada bagian *packing*, banyaknya produk cacat (*defects*), serta ditemukannya operator yang kesulitan mencari

peralatan untuk memperbaiki mesin yang membuat kegiatan produksi menjadi lebih lama.

Waste merupakan sesuatu yang tidak mempunyai nilai tambah dalam proses produksi, sehingga perusahaan manufaktur perlu mengeliminasi *waste* dan hal lainnya dapat mengganggu kelancaran proses produksi (Maulana et al., 2016). Terdapat 7 jenis *waste*, yaitu produksi berlebih (*over production*), menunggu (*waiting*), transportasi (*transportation*), proses berlebih (*over processing*), persediaan (*inventory*), gerakan (*motion*), dan cacat (*defect*) (Klein et al., 2021). Identifikasi dan eliminasi *waste* dapat menurunkan biaya produksi, upaya yang dilakukan pekerja, dan waktu produksi (Dhiravidamani et al., 2018).

Perlu adanya strategi dari industri manufaktur untuk mengeliminasi *waste* untuk mendapatkan biaya produksi yang lebih efisien, dan waktu produksi yang lebih cepat untuk memenuhi kebutuhan pelanggan.

Lean Manufacturing merupakan sebuah solusi untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi

waste secara terus menerus untuk meningkatkan *value* dalam kegiatan produksi (Htun et al., 2019). Konsep *lean* dapat memperbaiki kinerja operasional perusahaan yang memberikan keuntungan secara kompetitif, seperti: kualitas, biaya, harga, kecepatan pengiriman, inovasi, dan fleksibilitas (De la Vega-Rodríguez et al., 2018). Oleh karena itu, penerapan *lean* dapat membantu perusahaan manufaktur dalam meningkatkan daya saing perusahaan.

Perbaikan yang lebih cepat sangat dibutuhkan untuk memenuhi standar kualitas maupun kecepatan proses produksi, sehingga implementasi *lean manufacturing* saat ini dikembangkan menjadi *lean six sigma* (hill, 2002). Konsep *lean* untuk mengurangi waste dilakukan dengan perbaikan berkelanjutan yang dikenal dengan istilah Kaizen melalui penerapan *Lean six sigma* (Rüttimann & Stöckli, 2016). Konsep *Lean Thinking* berfokus pada bagian strategis, sedangkan *six sigma* berfokus pada bagian proses dan variasi.

Perlu adanya keseimbangan diantara dua konsep tersebut dalam menimbulkan hasil yang maksimal (Pepper & Spedding, 2010). *Lean six sigma* dapat membantu perusahaan manufaktur untuk mencapai target zero defects, mengoptimalkan kinerja produksi, memperbaiki kualitas produk, dan pengiriman yang cepat dengan biaya optimal (Daniyan et al., 2022). Oleh karena itu, *lean six sigma* harus menjadi prioritas manufaktur untuk dapat memenuhi kebutuhan pelanggan dalam meningkatkan daya saing.

Penelitian untuk mengeliminasi atau meminimalkan waste sudah banyak dilakukan sebelumnya. Identifikasi pemborosan dengan metode *waste assessment model* (WAM) dan *failure mode effect and analysis* (FMEA) (Alfiansyah & Kurniati, 2018), dan perbaikan kualitas produk yang tidak sesuai sehingga menimbulkan waste (Munandar & Permana, 2020). Penelitian ini dilakukan untuk mengeliminasi waste dan memberikan usulan perbaikan proses produksi dengan menggunakan pendekatan *lean six sigma*.

METODE

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode *Lean Six Sigma* (LSS). LSS dapat menggunakan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improvement, dan Control*) (Hill et al., 2018). Integrasi *Waste*

Assessment Model (WAM) dilakukan pada tahap awal sebagai dasar dalam mendefinisikan masalah yang akan diselesaikan dengan konsep DMAIC.

Waste Assessment Model (WAM)

Waste Assessment Model menjelaskan hubungan antar 7 *Waste* yaitu *Overproduction* (O), *Inventory* (I), *Defect* (D), *Motion* (M), *Transportation* (T), *Processing* (P), dan *Waiting* (W) yang kemudian dikenal dengan *waste relationship matrix*. Metode ini adalah suatu alat untuk mengeliminasi waste yang cukup signifikan dan memberikan alasan-alasan yang baik untuk mempengaruhi waste yang ada (Rawabdeh, 2005). *Waste relationship matrix* dianalisis menggunakan kriteria skor pada Tabel 1 yang dikembangkan oleh Rawabdeh dkk pada tahun 2005 (Irawan & Fitriani, 2024).

Tabel 1. Kriteria hubungan *waste relationship matrix*

Range	Jenis Hubungan	Simbol
17-20	<i>Absolutely necessary</i>	A
13-16	<i>Especially Important</i>	E
9-12	<i>Important</i>	I
5-8	<i>Ordinary Closeness</i>	O
1-4	<i>Unimportant</i>	U
0	<i>No relation</i>	X

Sumber: Rawabdeh (2005) dalam Irawan & Fitriani (2024).

Waste Assessment Model (WAM) digunakan untuk mengidentifikasi waste yang tertinggi sebagai dasar analisis untuk memberikan usulan perbaikan untuk mengeliminasi waste dengan menggunakan konsep DMAIC.

Konsep dan Tahapan DMAIC

DMAIC merupakan pendekatan terstruktur yang sudah menjadi bagian terintegrasi dengan *Six Sigma* dalam mencapai target yang ditetapkan (Pongboonchai-Empl et al., 2024). Pendekatan ini juga dapat digunakan dalam proyek *Lean Six Sigma*.

Define

Tahap *define* bertujuan untuk mengidentifikasi dan analisis diagram untuk menentukan permasalahan apa yang paling dominan dalam permasalahan yang ingin diselesaikan. Analisis dapat menggunakan

diagram pareto untuk menentukan sumber permasalahan yang paling berkontribusi jika diselesaikan.

Measure

Tahap *measure* ini bertujuan untuk mengetahui nilai DPMO (*Defect per Million Opportunity*) dan nilai sigma pada proses yang diteliti.

Analyze

Pada tahap *analyze*, akar dan penyebab dari permasalahan yang sudah dianalisis dengan *Fishbone* diagram, dicari akar penyebab menggunakan *5 Why's Analysis* dihitung bobot nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA).

FMEA dilakukan dengan menilai tingkat *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) untuk menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Metode FMEA sudah biasa diterapkan dalam desain produk serta perencanaan proses manufaktur

Improvement

Pada tahap *improvement* ini, solusi dan rekomendasi perbaikan diusulkan kepada perusahaan berdasarkan hasil analisis kegagalan menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA).

Control

Tahap *control* dilakukan dengan mengendalikan usulan perbaikan yang diberikan dan memantau hasil penerapan dari usulan perbaikan yang telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis hubungan antara waste *Overproduction* (O), *Inventory* (I), *Defect* (D), *Motion* (M), *Transportation* (T), *Processing* (P), dan *Waiting* (W) dilakukan dengan observasi langsung pada kepala produksi atau pabrik dan tim produksi. Pada tahap awal identifikasi hubungan antara waste ditunjukkan pada matrix pada Tabel 2.

Tabel 2. *Waste relationship matrix*

F/T	<i>Overproduction</i> (O)	<i>Inventory</i> (I)	<i>Defect</i> (D)	<i>Motion</i> (M)	<i>Transportation</i> (T)	<i>Process</i> (P)	<i>Waiting</i> (W)
O	A	I	E	E	O	X	I
I	E	A	I	E	E	X	X
D	E	E	A	E	E	X	E
M	X	E	E	A	X	E	E
T	E	E	E	E	A	X	E
P	E	E	E	E	X	A	E
W	I	E	E	X	X	X	A

Sumber: Pengumpulan Data

Hasil dari matrix diatas kemudian dikonversikan dengan mengacu kriteria penilaian pada Tabel 1 dengan menggunakan range maksimum dengan hasil hasil konversi yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. *Waste relationship matrix konversi*

F/T	<i>Overproduction</i> (O)	<i>Inventory</i> (I)	<i>Defect</i> (D)		<i>Waiting</i> (W)	<i>Score</i> (Sc)	%
O	10	6	8	...	6	42	13,73
I	8	10	6	...	0	40	13,07
D	8	8	10	...	8	50	16,34
M	0	8	8	...	8	42	13,73
T	8	8	8	...	8	50	16,34
P	8	8	8	...	8	50	16,34
W	6	8	8	...	10	32	10,46
Sc	48	56	56	...	48	306	
%	15,69	18,3	18,3	...	15,69		

Sumber: Pengolahan Data

Selanjutnya penentuan bobot awal dengan menggunakan aspek pertanyaan 4M (*man*, *material*, *machine*, dan *method*) terhadap 7 waste, yaitu: *overproduction* (O), *inventory* (I), *defect* (D), *motion* (M), *transportation* (T), *processing* (P), dan *waiting* (W) dengan hasil yang tertera pada tabel terlampir. Selanjutnya bobot untuk setiap jenis waste (W_{j,k}) untuk setiap jenis aspek dan

pertanyaan akan dihitung untuk menentukan *score* (*Sj*), dan frekuensi (*Fj*) . Berikut merupakan contoh perhitungan skor (*Yj*) pada *Waste Overproduction "O"*:

$$Yj\ O = \frac{sj}{Sj} \times \frac{fj}{Fj}$$

$$= \frac{27,29}{74,00} \times \frac{32}{57} = 0,21$$

Berikut merupakan contoh perhitungan skor *Pj* faktor pada *waste "O"*:

$$Pj\ O = \text{Skor "from"}\ O \times \text{Skor "to"}\ O$$

$$= 15,69 \times 13,73$$

$$= 215,42$$

Berikut merupakan contoh perhitungan skor *Yj Final* pada *waste "O"*:

$$Yj\ Final\ O = Yj\ O \times Pj\ O$$

$$= 0,21 \times 215,42$$

$$= 44,60$$

Berikut merupakan contoh perhitungan skor *Presentase* pada *waste O*:

$$\text{Presentase}\ O = \frac{Yj\ Final}{Yj\ Total}$$

$$= \frac{44,60}{232,69} = 19,17\%$$

Tabel 4. *Ranking* persentase *waste*

<i>Waste</i>	<i>Score (Yj)</i>	<i>Pj Faktor</i>	<i>Hasil Akhir (Yj Final)</i>	<i>Hasil Akhir (%)</i>	<i>Rank</i>
O	0,21	215,42	44,6	19,17	2
I	0,15	239,18	34,72	14,92	3
D	0,17	299,02	50,14	21,55	1
M	0,14	224,35	31,35	13,47	4
T	0,17	160,13	27,66	11,89	6
P	0,16	96,08	15,23	6,55	7
W	0,18	164,12	28,99	12,46	5

Sumber: Pengolahan Data

Perhitungan *Ranking waste* pada tabel 4 menunjukkan bahwa *waste* yang teridentifikasi

dari persentase terbesar sampai terkecil adalah *Defect* sebesar 21,55%, *Overproduction* 19,17%, *Inventory* 14,92%, *Motion* 13,47%, *Waiting* 12,46%, *Transportation* 11,89%, dan *Process* 6,55%. Dalam penelitian ini, perbaikan proses hanya fokus ke *waste* yang paling tinggi yaitu *waste defect*.

Define

Pada tahap ini, data *defect* kabel selama 1 tahun dikumpulkan seperti tertera pada tabel 5. Data yang dikumpulkan menunjukkan 10 type produk dengan satuan *defect* adalah ukuran panjang (meter).

Tabel 5. Jumlah *defect* berdasarkan produk

TYPE/SIZE	JUMLAH (meter)
NYA 1,5 mm²	502.429,93
NYM 2 x 1,5 mm ²	77.181,78
NYA 2,5 mm ²	66.140,73
NYY 3 X 16 mm ²	32.671,38
NYM 3 x 1,5 mm ²	13.470,22
NYM 2 x 2,5 mm ²	10.311,47
NYM 3 x 2,5 mm ²	9.313,5
NYY 2 x 1,5 mm ²	3.598,5
NYM 3 x 4 mm ²	2.611,95
NYY 2 x 2,5 mm ²	1.104

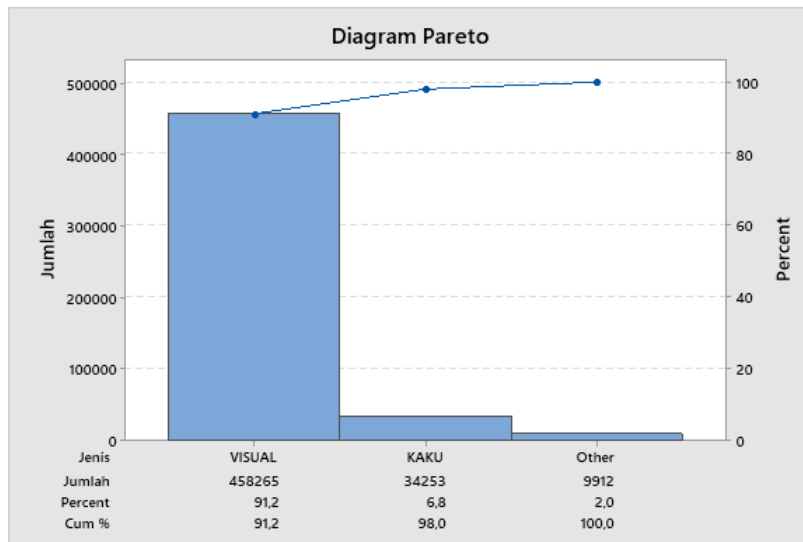
Sumber: Pengumpulan Data

Berdasarkan data *defect* pada Tabel 5, produk type *NYA 1,5 mm²* memiliki jumlah *defect* terbesar, yaitu 502.429,93 meter. Selanjutnya identifikasi permasalahan secara dilakukan pada produk yang dipilih, yaitu Kabel type *NYA 1,5 mm²* dengan jenis *defect* tertera pada tabel 6. *Defect* dikelompokkan menjadi 3 *defect*, yaitu: visual, kaku, dan *printing error*.

Tabel 6. *Defect* kabel type *NYA 1,5 mm²*

Jenis Defect	Jumlah	%	Kumulatif %
Visual	458.265,1	91,21	91,21
Kaku	34.253,11	6,82	98,03
Printing Error	9.911,69	1,97	100,00

Sumber: Pengolahan Data



Gambar 1. Diagram pareto defect berdasarkan jenis

Berdasarkan gambar 1, defect jenis visual merupakan defect yang paling sering terjadi pada produk kabel type NYA 1,5 mm², yaitu dengan kontribusi defect sebesar 91,2%. Defect visual selanjutnya diobservasi secara lebih rinci lagi dengan kategori defect pada tabel 7.

Tabel 7. Jenis defect kategori visual

Jenis	Jumlah	Cumulative Presentase (%)
Benjolan	84.760,5	50,23
Sambungan	49.406,0	79,51
Garis Putih	6.800,5	83,54
Diameter Kecil	5.180,5	86,61
Bocor	4.721,8	89,41
Bercak	3.850,0	91,69
Diameter Besar	3.714,2	93,89
Printing Error	3.168,6	95,77
Printing ½	2.261,4	97,11
Polos	2.023,3	98,30
Miring	1.200	99,02
Lecet	1.049	99,64
Setting & Putus	370	99,86
Kasar	241,5	100,00

Sumber: Pengolahan Data

Berdasarkan jumlah defect untuk kategori defect visual pada Tabel 7, maka defect benjolan merupakan defect yang sering terjadi pada produk kabel type NYA 1,5 mm², yaitu sejumlah 84.760,5 meter atau sebesar 50,23%. Defect benjolan pada kabel secara visual ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Defect Benjolan

Measure

Nilai level sigma diperoleh dengan melakukan konversi Defects Per Million Opportunities (DPMO) berdasarkan total produksi dan jumlah defect menjadi nilai sigma. Perhitungan Defects Per Million Opportunities (DPMO). Nilai sigma menunjukkan bahwa saat ini defect untuk kategori tersebut berada pada level 4,125 sigma. Secara lebih detail, perhitungan nilai sigma dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. DPMO dan nilai sigma

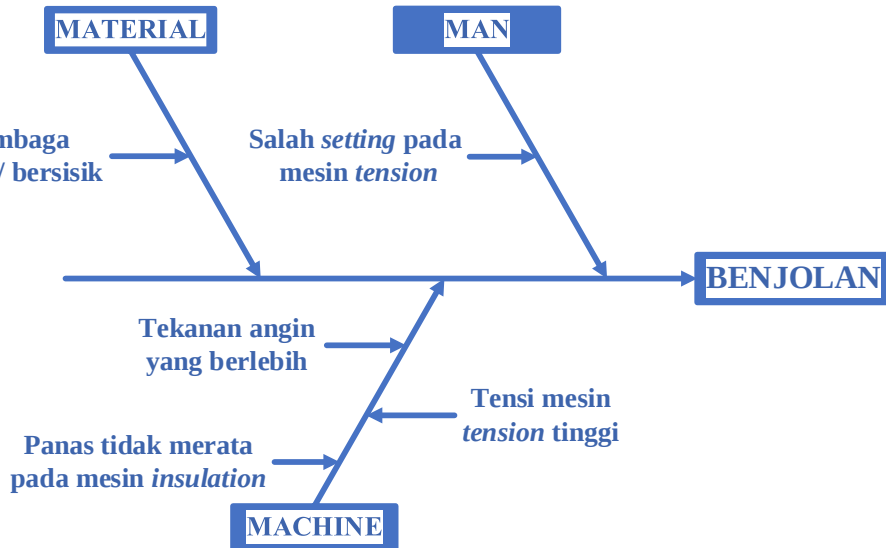
Total Produksi	38.709.716
Jumlah Defects	502.430
CTQ (Opportunities)	3
DPO	0,004
DPMO	4.326
Nilai Sigma	4,125

Sumber: Pengolahan Data

Analyze

Tahap analisis awal menggunakan *fishbone diagram* dengan menggunakan 4M (*man, material, method, dan machine*). Akan tetapi berdasarkan observasi dengan para ahli, hanya 3M yang berpengaruh dan

menyebabkan *defect* visual jenis benjolan, yaitu manusia, bahan baku, dan mesin. Hasil analisis dengan menggunakan *fishbone* ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. *Fishbone* diagram *defect* benjolan.

Setelah menemukan penyebab *defect* benjolan menggunakan *Fishbone* diagram, langkah selanjutnya menentukan level risiko pada *Risk Priority Number* (RPN) untuk kategori *defect* visual, jenis benjolan. Setiap potensi penyebab terjadinya *defect* visual jenis benjolan akan dinilai risiko atau nilai RPN masing – masing penyebab *defect* untuk ditentukan kategori risiko dari penyebab *defect* seperti ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan RPN

Penyebab	S	O	D	RPN	Level
Operator yang salah saat mengatur mesin <i>tension</i>	7	6	2	84	Medium
Tensi yang tinggi pada mesin <i>tension</i>	6	7	3	126	High
Panas yang tidak merata pada mesin <i>insulation</i>	8	7	3	168	High
Tekanan angin yang berlebih	7	7	3	147	High
Tembaga kotor atau bersisik	7	7	3	147	High

Analisis *defect* dilanjutkan dengan mencari akar permasalahan *defect*

megggunakan pendekatan 5 *Why's*. Diperoleh beberapa akar penyebab terjadinya *defect* benjolan yang ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil analisis 5 *Why's*

Penyebab	Akar
Operator yang salah saat mengatur mesin <i>tension</i> .	Operator yang kurang teliti.
Panas yang tidak merata pada mesin <i>insulation</i> .	Belum adanya jadwal perawatan mesin secara berkala
Tensi yang tinggi pada mesin <i>tension</i> .	Belum adanya SOP untuk mengontrol mesin <i>tension</i> .
Tekanan angin yang berlebih.	Belum adanya jadwal perawatan mesin secara berkala
Tembaga yang kotor atau bersisik.	Operator yang tidak teliti pada saat pengecekan tembaga.

Sumber: Observasi Lapangan

Setelah menemukan penyebab masalah pada *defect* benjolan (visual) menggunakan *Fishbone* diagram, langkah selanjutnya adalah mencari akar penyebab atau masalah menggunakan 5 *Why's* Analysis seperti tertera pada Tabel 10. Terdapat beberapa akar

penyebab atau masalah yang ada pada *defect* benjolan (visual) sebagai berikut:

- a. Karena adanya operator yang tidak teliti pada saat pengecekan tembaga.
- b. Karena belum adanya SOP untuk mengontrol mesin secara berkala.
- c. Karena belum adanya jadwal perawatan mesin secara berkala.

Improvement

Berdasarkan Tabel 9 dan 10, usulan perbaikan direkomendasikan untuk perusahaan agar bisa menurunkan *defect* visual benjolan pada proses produksi kabel tegangan rendah. Berikut rekomendasi perbaikan *defect* benjolan (visual):

- a. Operator diberikan pelatihan atau pemahaman mengenai kesadaran akan kualitas barang atau material yang dihasilkan untuk mencegah kesalahan saat mengatur mesin tension. Kepala kelompok (*foreman*) harus lebih aktif dalam mengamati operator yang sedang bekerja, memberikan pelatihan atau pemahaman mengenai kesadaran kualitas disarankan agar operator lebih memiliki kepedulian dan perhatian terhadap mesin, bahan baku, dan produk yang akan dihasilkan. Operator diminta lebih mengikuti petunjuk yang sudah ada dalam instruksi kerjanya masing-masing.
- b. SOP pengecekan mesin *tension* secara terjadwal diusulkan untuk mencegah tensi yang tinggi pada mesin *tension*. SOP yang dirancang agar operator memiliki kewaspadaan saat mesin *tension* mengalami tensi yang tinggi atau rendah. Operator yang tidak mengikuti SOP tersebut dapat diberikan sanksi atau hukuman untuk memberikan efek jera.
- c. Panas yang tidak merata pada mesin *insulation* dapat diatasi dengan jadwal perawatan pada mesin secara berkala atau rutin. Jadwal perawatan mesin ini disarankan agar tidak terjadinya mesin yang rusak atau mengalami penurunan kinerja.
- d. Tekanan angin juga dapat diatasi dengan jadwal perawatan pada mesin secara berkala atau rutin
- e. Tembaga yang kotor atau bersisik dapat diatasi dengan mencatat (nama operator, shift, tanggal, dan jenis bahan baku yang sering membuat kesalahan untuk segera

dicarikan solusinya dengan memberikan pelatihan kepada penanggung jawab proses tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Lean six sigma dapat digunakan untuk menganalisis waste dan mengeliminasi atau mengurangi waste pada perusahaan manufaktur. Hasil analisis waste menggunakan metode *Waste Assessment Model* (WAM) menunjukkan *defect* merupakan kontribusi waste paling besar pada manufaktur kabel yaitu senilai 21,55%. Menggunakan pendekatan DMAIC, produk kabel NYA 1,5mm² merupakan jenis produk dengan jumlah *defect* tertinggi, dan *defect* jenis visual merupakan jenis *defect* yang paling banyak menyebabkan *defect* pada produk ini. Analisis pada tahap *define* juga menemukan hasil bahwa *defect* visual jenis benjolan paling dominan diantaranya jenis *defect* lainnya pada kategori *defect* visual, yaitu sebesar 50,23%. Selanjutnya dengan menggunakan FMEA, nilai RPN yang paling besar terdapat pada mesin *insulation* yang panasnya tidak merata. Sehingga penjadwalan mesin secara berkala dan rutin direkomendasikan untuk mencegah kerusakan dan turunnya kinerja mesin *insulation*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiansyah, R., & Kurniati, N. (2018). Identifikasi Waste dengan Metode Waste Assessment Model dalam Penerapan Lean Manufacturing untuk Perbaikan Proses Produksi (Studi Kasus pada Proses Produksi Sarung Tangan). *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), Article 1. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.28858>
- Arief, A. M. (2021, January 4). *Permintaan Kabel Listrik 2021 di Kawasan Timur Diprediksi Melonjak*. *Bisnis.com*. <https://ekonomi.bisnis.com/read/20210104/257/1338593/permintaan-kabel-listrik-2021-di-kawasan-timur-diprediksi-melonjak>
- Daniyan, I., Adeodu, A., Mpofu, K., Maladzhi, R., & Katumba, M. G. K.-K. (2022). Application of lean Six Sigma methodology using DMAIC approach for the improvement of bogie assembly process in the railcar industry. *Heliyon*, 8(3).

- <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09043>
- De la Vega-Rodríguez, M., Baez-Lopez, Y. A., Flores, D.-L., Tlapa, D. A., & Alvarado-Iniesta, A. (2018). Lean Manufacturing: A Strategy for Waste Reduction. In J. L. García-Alcaraz, G. Alor-Hernández, A. A. Maldonado-Macías, & C. Sánchez-Ramírez (Eds.), *New Perspectives on Applied Industrial Tools and Techniques* (pp. 153–174). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56871-3_8
- Dhiravidamani, P., Ramkumar, A. S., Ponnambalam, S. G., & Subramanian, N. (2018). Implementation of lean manufacturing and lean audit system in an auto parts manufacturing industry – an industrial case study. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 31(6), 579–594. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2017.1356473>
- Hill, J., Thomas, A. J., Mason-Jones, R. K., & El-Kateb, S. (2018). The implementation of a Lean Six Sigma framework to enhance operational performance in an MRO facility. *Production & Manufacturing Research*, 6(1), 26–48. <https://doi.org/10.1080/21693277.2017.1417179>
- Htun, A., Thin Wan, T., & Cho Kang, C. (2019). Lean Manufacturing, Just in Time and Kanban of Toyota Production System (TPS). *Lean Manufacturing, Volume.08*, 469–474.
- Irawan, Y. B., & Fitriani, K. (2024). Waste Assessment Model (WAM): How Does the Company Assess the Waste? *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 16(2), Article 2. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol16.iss2.art4>
- Klein, L. L., Tonetto, M. S., Avila, L. V., & Moreira, R. (2021). Management of lean waste in a public higher education institution. *Journal of Cleaner Production*, 286, 125386. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125386>
- Maulana, A., Herlina, L., & Kurniawan, B. (2016). Usulan Lean Manufacturing System untuk Mereduksi Waste Dan Efisiensi Biaya Produksi Di PT. ABC Divisi Slab Steel Plant 1. *Jurnal Teknik Industri Untirta*, 0(0). <https://doi.org/10.36055/jti.v0i0.1452>
- Munandar, A., & Permana, D. S. (2020). Analisis Waste Produksi Celana Dengan Metode Lean Six Sigma Pada Area Sewing Line 5 Di PT. XYZ. *Rekayasa Industri dan Mesin (ReTIMS)*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.32897/retims.2020.1.2.327>
- Pepper, M. P. J., & Spedding, T. A. (2010). The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(2), 138–155. <https://doi.org/10.1108/02656711011014276>
- Pongboonchai-Empl, T., Antony, J., Garza-Reyes, J. A., Komkowski, T., & Tortorella, G. L. (2024). Integration of Industry 4.0 technologies into Lean Six Sigma DMAIC: A systematic review. *Production Planning & Control*, 35(12), 1403–1428. <https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2188496>
- Rawabdeh, I. A. (2005). A model for the assessment of waste in job shop environments. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(8), 800–822. <https://doi.org/10.1108/01443570510608619>
- Rüttimann, B. G., & Stöckli, M. T. (2016). Going beyond Triviality: The Toyota Production System—Lean Manufacturing beyond Muda and Kaizen. *Journal of Service Science and Management*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/10.4236/jssm.2016.92018>